

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

{1} - {3}

(11)Publication number : 08-062498

(43)Date of publication of application : 08.03.1996

(51)Int.Cl.

G02B 15/16

(21)Application number : 06-218181

(71)Applicant : RICOH CO LTD

(22)Date of filing : 19.08.1994

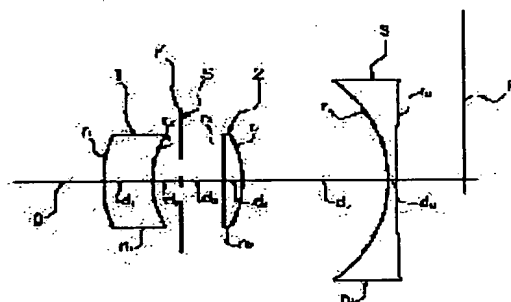
(72)Inventor : KOIZUMI HIROSHI

(54) TWO GROUP ZOOM OPTICAL SYSTEM

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a two group zoom optical system having a zoom lens (focal distance of 40 to 60mm) with aberrations being corrected, and FNO. in a range of about 6 to 9, irrespective of an arrangement of two group and three lenses.

CONSTITUTION: A two group optical system uses a diffractive index distribution type lens of an axial type in which the refractive index varies in the axial direction as any one of two unit lenses constituting a front lens group, and an uniform medium type spherical lens made of medium having a uniform refraction index is used for either of the remaining two unit lenses including a rear lens group 3. In one arrangement, the front lens group is composed of a first negative lens 1 and a second positive lens 2, a refractive index distribution type lens being used for the first lens 1 so as to enhance the freedom of aberration correction design during correction of spherical aberration, astigmatism and distortion aberration, achromatism and the like, in comparison with the case in which only a uniform medium type lens is used.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

3

(19)日本国特許庁 (J P) (12) 公開特許公報 (A) (11)特許出願公開番号
特開平8-62498
(43)公開日 平成8年(1996)3月8日

(5)Int.Cl.⁴ G 02 B 15/16 発明の名称 2群ズーム光学系 技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 6 F D (全 13 頁)

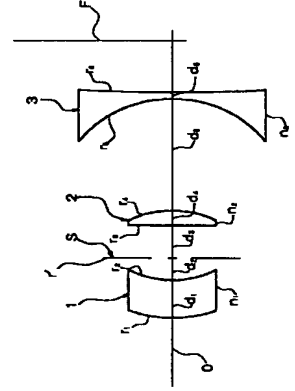
(21)出願番号	特開平8-218181	(71)出願人	000069747 株式会社リコー
(22)出願日	平成6年(1994)8月19日	(72)発明者	小泉 博 東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内
		(74)代理人	井理士 真田 修治

(54)【発明の名称】 2群ズーム光学系

(57)【要約】

【目的】 2群3枚の構成にも拘らず、諸収差が良好に補正されたズーム比(焦点距離4.0mm~6.0mm)、F_Nが約6~9クラスの2群ズーム光学系を提供する。

【構成】 この2群ズーム光学系は、2枚の単位レンズから成る前群レンズ群のいずれかに、光軸方向に屈折率が変化するアキシャルタイプの屈折率分布型レンズを用い、後群レンズ群3を含む残る2枚の単位レンズにいずれも屈折率が一様な媒質から成る均質媒質型球面レンズを用いる。1つの構成例は、前群レンズ群を負の第1レンズ1と正の第2レンズ2から構成し、第1レンズ1に屈折率分布型レンズを用いて、球面収差・非点収差・歪曲収差・色収差等の補正時における収差補正設計の自由度を均質媒質型レンズのみを用いた場合よりも増すようにした。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 物体側に配置された負の屈折力を持つ第1レンズと較りて挟んでその後方に配置された正の屈折力を持つ第2レンズとにより正の屈折力を有する前群レンズ群を構成し、所定の可変軸上間隔を隔ててこの前群レンズ群の後方に配置され且つ負の屈折力を持つ第3レンズとにより後群レンズ群を構成し、しかも、前記前群レンズ群と前記後群レンズ群との可変軸上間隔を狭めながら前記両レンズ群を同時に物体側に移動させることにより、短焦点距離側から長焦点距離側にズームを行う2群3枚構成の2群ズーム光学系であって、前記第1レンズが、光軸方向に屈折率が変化するアキシャルタイプの屈折率分布型レンズとして構成され、前記第2レンズおよび第3レンズが、いずれも屈折率が一様な媒質から成る均質媒質型レンズとして構成されていることを特徴とする2群ズーム光学系。

【請求項2】 前記第1レンズが、その物体側面が物体側に凸面を向けたメネスカスレンズとして形成されていることを特徴とする請求項1に記載された2群ズーム光学系。

【請求項3】 前記第1レンズは、その物体側面と光軸との交点のd線およびg線の屈折率をそれぞれn_{dob}およびn_{gob}とし、また、像側面と前記光軸との交点のd線およびg線の屈折率をそれぞれn_{dib}およびn_{gib}とし、さらに、 $\Delta v_{gd} = \frac{n_{dib} - n_{dib}}{n_{dob} - n_{dob}}$ を、

と定義したとき、前記第1レンズに関する式
 $0.7 < \Delta v_{gd} < 0.85$
の式を満足するような屈折率分布を有するように構成したことを特徴とする請求項1または2に記載された2群ズーム光学系。

【請求項4】 物体側に配置された正の屈折力を持つ第1レンズと較りて挟んでその後方に配置された正の屈折力を持つ第2レンズとにより正の屈折力を有する前群レンズ群を構成し、所定の可変軸上間隔を隔ててこの前群レンズ群の後方に配置され且つ負の屈折力を持つ第3レンズとにより後群レンズ群を構成し、しかも、前記前群レンズ群と前記後群レンズ群との可変軸上間隔を狭めながら前記両レンズ群を同時に物体側に移動させることにより、短焦点距離側から長焦点距離側にズームを行う2群3枚構成の2群ズーム光学系であって、前記第2レンズが、光軸方向に屈折率が変化するアキシャルタイプの屈折率分布型レンズとして構成され、前記第1レンズおよび第3レンズが、いずれも屈折率が一様な媒質から成る均質媒質型レンズとして構成されていることを特徴とする2群ズーム光学系。

【請求項5】 前記第1レンズがその物体側面が物体側に凸面を向けたメネスカスレンズとして形成され、且

つ、前記第2レンズがその像側面が像側に凸面を向けたメネスカスレンズとして形成されていることを特徴とする請求項4に記載された2群ズーム光学系。

【請求項6】 前記第2レンズは、その物体側面と光軸との交点のd線およびg線の屈折率をそれぞれn_{dob}およびn_{gob}とし、また、像側面と前記光軸との交点のd線およびg線の屈折率をそれぞれn_{dib}およびn_{gib}とし、さらに、 $\Delta v_{gd} = \frac{n_{dib} - n_{dib}}{n_{dob} - n_{dob}}$ を、

と定義したとき、前記第2レンズに関する式
 $1.6 < \Delta v_{gd} < 1.8$
の式を満足する屈折率分布を有するように構成したことを特徴とする請求項4または5に記載された2群ズーム光学系。

【発明の詳細な説明】
【0001】
【産業上の利用分野】 本発明は、2群ズーム光学系に関する。より詳細には、レンズシャッターカメラ等のコンパクトカメラに搭載して好適な2群ズーム光学系の改良、特にズーム比の大きい2群3枚構成の2群ズーム光学系に関するものである。

【従来の技術】 近年、コンパクトカメラに対する性能向上の要望に伴い、コンパクトカメラに可変焦点式撮影レンズを搭載することが多くなって来ているが、搭載する可変焦点式撮影レンズとしては、実用性のコンパクトレンズを撮影光軸に対して傾斜することにより焦点距離を可変にするタイプの撮影レンズと、ズーム光学系を用いて焦点距離を可変にするタイプの撮影レンズとが知られている。

【0003】 この場合、ズーム光学系には、コストを低減する関係から比較的構成の簡便な、所謂2群ズーム光学系が用いられるのが普通である。そして、この2群ズーム光学系の一例として特開平2-6917号公報に開示された2群3枚構成のズーム光学系がある。この2群ズーム光学系は、図51に示すように、絞りSを挟んで互いの凹面を向けるような状態で光学系の物体側に配置された第1および第2の正メネスカスレンズ1および2から成る前群レンズ群と、可変軸上間隔を隔てて第2の正メネスカスレンズ2の後方に配置された第3の負レンズ3から成る後群レンズ群との2群3枚構成のズーム光学系として構成されている。

【0004】 そして、前群レンズ群(1、2)と後群レンズ群(3)との可変軸上間隔を狭めながら共に前方に移動することで短焦点距離から長焦点距離へのズームを行うい得るように構成され、さらに、第1の正メネスカスレンズ1の像側面と第2の正メネスカスレンズ2の側面と第3の負レンズ3の物体側面との4面に非球面を

v_i ($i=1\sim 3$): 物体側から数えて i 番目のレンズの光学材料のアップベ数

【0026】図1は、本発明に係る2群ズーム光学系の第1の基本構成例を示す光学系配置図である。この第1の基本構成例に係る2群ズーム光学系は、図1に示すように、物体側(図1上で左側)に配置された負の屈折率を持つ第1レンズ1と、適宜の絞りの絞りを有する後方(像側)に所定の軸上間隔(d_2+d_3)を隔てて配置された正の屈折率を持つ第2レンズ2とにより正の屈折力を有する前群レンズ群(1、S、2)を構成し、所定の可変軸上間隔 d_6 を隔ててこの前群レンズ群(1、S、2)の後方に配置され且つ負の屈折率を持つ第3レンズ3により後群レンズ群を構成した2群3枚構成の光学系配置を持つ2群ズーム光学系として構成されている。

【0026】この場合、図示例では、第1レンズ1の軸上厚 d_1 が、第2レンズ2の軸上厚 d_4 よりも大きく設定されることになる。そして、このようなレンズ配置を持つ図示例の2群ズーム光学系では、例えば図1に示す状態を初期状態(所定位置)となし、この初期状態にあるときに2群ズーム光学系の短焦点距離を実現し、この状態から、前群レンズ群(1、S、2)と後群レンズ群(3)との可変軸上間隔 d_6 を狭めながら、両レンズ群(1、S、2)、(3)を同時に物体側(後群レンズ群3が像面Fから離れる方向)に移動させることにより、短焦点距離側から長焦点距離側への所定のズームングを行うように構成されている。

【0027】ところで、第1の基本構成例に係る2群ズーム光学系では、先頭の第1レンズ1を、光軸方向に屈折率が変化するアキシャルタイプの屈折率分布型レンズとして構成し、第2レンズ2および第3レンズ3を、いずれも屈折率が一様な媒質から成る均質媒質型レンズとして構成している。

【0028】この場合、第1レンズ1は、その物体側面 r_1 が物体側に凸面を向けた単メニスカスレンズとして形成され、また、第2レンズ2は、その物体側面 r_3 が物体側に凸面を向け且つその像側面 r_4 が像側(図1上右側)に凸面を向けた所謂「両凸レンズ」として形成され、さらに、第3レンズ3は、その物体側面 r_6 が物体側に凹面を向け且つその像側面 r_8 が像側に凹面を向けた、所謂「両凹レンズ」として形成されている。このように、第1レンズ1のレンズ形状をメニスカス形状に形成したのは、絞りの絞りを有する収差を相殺して散収差を良好に補正するためである。

【0029】ところで、第1レンズ1に用いられるアキシャルタイプの屈折率分布型レンズは、第1レンズ1の物体側から数えて i 番目に位置する屈折率分布を示す $n_i(x)$ が、

$$n_1(x) = N_0 + N_1 \cdot x + N_2 \cdot x^2 + N_3 \cdot x^3 + N_4 \cdot x^4$$

但し、 x : 物体側頂点(第1レンズの物体側面 r_1 と光軸との交点)から光軸に沿った距離
 N_0 : 物体側頂点における屈折率
 N_1 、 N_2 、 N_3 、 N_4 : 屈折率分布係数
で規定されるような屈折率分布型レンズとして形成されている。

【0030】加えて、この屈折率分布型レンズでは、その物体側面と光軸との交点のd線およびg線の屈折率をそれぞれ n_{d0} および n_{g0} とし、また、像側面と前記光軸との交点のd線およびg線の屈折率をそれぞれ n_{d1} および n_{g1} とし、さらに、 Δv_{gd} を、

$$\Delta v_{gd} = \frac{n_{d1} - n_{g1}}{n_{d0} - n_{g0}}$$

と定義したとき、第1レンズ1に関して
 $0.7 < \Delta v_{gd} < 0.85 \dots (1)$
の式を満足するような屈折率分布型レンズとして構成されている。

【0031】このように、第1レンズ1にアキシャルタイプの屈折率分布型レンズを用いたのは、第1レンズ1の物体側面および像側面での屈折作用に加えて光軸方向に屈折率を変化させることから、球面収差・非点収差・歪曲収差・コマ収差・色収差に対する収差補正設計の自由度を、均質媒質型レンズを用いた場合よりも増すことが可能になるからである。

【0032】また、この第1レンズ1に(1)式の条件を付したものは、メニスカス形状の第1レンズ1の凹面側の分岐を凸面側よりも大きくすることで色収差を良好に補正するためであり、 Δv_{gd} の持つ意味は、屈折率分布の効果を増すために比較的に厚いレンズとなる第1レンズ1の光軸方向のどの部分で、主に色収差を補正するのがよいかを示すものである。

【0033】この場合、 Δv_{gd} が0.85よりも小さいときには、絞りがSに近いレンズ系全系の中心部で補正することができても部がよい。しかし、 Δv_{gd} が0.85よりも大きくなると、瞳に対する対称性が崩れて、短焦点距離側の倍率色収差($g-d$)の補正が著しく困難になる。また、 Δv_{gd} が0.7より小さくなると分岐の勾配が大きくなくなって、既存の光学材料の物性から必要な性能を有する光学材料を安面に入手することができないというコスト上の問題を生じる。

【0034】この(1)式は、前群レンズ群(1、S、2)で発生する色収差を適用上差し支えない一定の範囲内に抑えるような役割を果たすものである。ところで、2群ズーム光学系では、移動するレンズ群毎に色収差を補正しておくことが原則で、数式的には

$$\sum_{i=1}^n f_i v_i \approx 0 \dots (2)$$

が要求される。

【0035】この場合、 v_i は、光学材料の性質上常に正であるため、色収差の補正には f_i が正・負2種類の2枚のレンズが必要になる。本発明では、後群レンズ群を単レンズである第3レンズ3だけで構成しているため、後群レンズ群では色収差の補正が原理的に不可能になる。

【0036】そのため、前述したような方法を用いて前群レンズ群(第1レンズ1、絞りS、第2レンズ2)で色収差を適用上差し支えない一定の範囲内に抑えるようにしても、これだけで全系の色収差を良好に保持することは難しい。そこで図示例では、第3レンズ3の光学材料のアップベ数 v_3 に、
 $v_3 \geq 55 \dots (3)$
なる条件を与えることにより、後群レンズ群3における上記(2)式の値を適用上小さな値に抑えることができ、上記(1)式との相乗効果により全系の色収差を良好に補正することができる。

【0037】この(3)式の条件を外れた場合には、下記<具体的実施例1>

$$f = 4.0 \sim 6.0 \text{ mm}, \quad F_{\text{No}} = 5.7 \sim 8.6$$

r_1	20.766	d_1	6.602	n_1	n_1	Δv_{gd}	0.80
r_2	14.288	d_2	3.903				
r'	∞ (絞り)	d_3	5.650				
r_3	190.073	d_4	2.647	n_2	1.50903	v_2	78.657
r_4	-14.941	d_5	可変距離				
r_5	-18.831	d_6	1.000	n_3	1.49700	v_3	81.600
r_6	194.350						

f	40.0	50.3	60.2
F_{No}	5.7	7.2	8.6
d_6	19.803	14.135	10.802

	N_0	N_1	N_2	N_3	N_4
$n_1(x)$ [d線]	1.57369	-0.3374×10^{-1}	-0.7855×10^{-3}	0.1475×10^{-5}	0.4780×10^{-6}
[g線]	1.58944	-0.3128×10^{-1}	-0.1680×10^{-2}	0.2104×10^{-5}	0.5229×10^{-6}

【0040】

軸の色収差がズームリングで大きく変動する、短焦点距離側で倍率色収差が大きくなる値となり、高性能にすることが困難になる。以下に、第1の基本構成例に係る具体的実施例1の各データを記載し、この具体的実施例1に関する球面収差・非点収差・歪曲収差・コマ収差を、各焦点距離(Fナンバー)毎に、即ち、短焦点距離($f=40.0\text{mm}$, $F_{\text{No}} 5.7$)、中間焦点距離($f=50.3\text{mm}$, $F_{\text{No}} 7.2$)、長焦点距離($f=60.2\text{mm}$, $F_{\text{No}} 8.6$)毎に図3～図14にそれぞれ掲げる。

【0038】また、第1の基本構成例に係る具体的実施例2の各データを以下に記載し、この具体的実施例2に関する球面収差・非点収差・歪曲収差・コマ収差を、各焦点距離(Fナンバー)毎に、即ち、短焦点距離($f=40.0\text{mm}$, $F_{\text{No}} 5.7$)、中間焦点距離($f=50.3\text{mm}$, $F_{\text{No}} 7.2$)、長焦点距離($f=60.2\text{mm}$, $F_{\text{No}} 8.6$)毎に図15～図26にそれぞれ掲げる。

【0039】

＜具体的実施例2＞

$f = 4.0 \sim 6.0 \text{ mm} \quad F_{No.} = 5.7 \sim 8.6$

r_1	r_2	r'	r_3	r_4	r_5	r_6
25.017	17.997	∞ (絞り)	227.911	-16.978	-19.190	155.471
d_1	d_2	d_3	d_4	d_5	d_6	
8.466	3.268	8.558	2.714	可変距離	1.000	
n_1	n_1	n_2	n_3	n_4	n_5	n_6
1.51633	1.51633	1.51633	1.49700	1.49700	1.49700	1.49700
$\Delta \nu_{g-d}$	$\Delta \nu_{g-d}$	$\Delta \nu_{g-d}$	$\Delta \nu_{g-d}$	$\Delta \nu_{g-d}$	$\Delta \nu_{g-d}$	$\Delta \nu_{g-d}$
0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76

f	$F_{No.}$	d_5
4.0	5.7	19.287
5.0	7.2	13.831
6.0	8.6	10.305

r_1	r_2	r_3	r_4	r_5	r_6
33.058	116.217	∞ (絞り)	-22.459	-24.279	-31.230
d_1	d_2	d_3	d_4	d_5	d_6
1.014	2.152	1.221	15.116	可変距離	1.000
n_1	n_1	n_2	n_3	n_4	n_5
1.80582	1.80582	1.80582	1.80582	1.80582	1.80582
$\Delta \nu_{g-d}$	$\Delta \nu_{g-d}$	$\Delta \nu_{g-d}$	$\Delta \nu_{g-d}$	$\Delta \nu_{g-d}$	$\Delta \nu_{g-d}$
1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08

各々の収差図に示すように、各具体的実施例とも短焦点距離、中間焦点距離、長焦点距離のそれぞれに亘って、球面収差・非点収差・コマ収差が、いずれも良好に補正されている。次に、図2に示す第2の基本実施例の2群ズーム光学系の構成および作用を説明する。

【0041】本発明の第2の基本実施例に係る2群ズーム光学系は、図2に示すように、物体側に配置された正の屈折率を持つ第1レンズ1と、適宜の絞りSを挟んでその後方に所定の軸上距離（ $d_2 + d_3$ ）を隔てて配置された正の屈折率を持つ第2レンズ2とにより正の屈折力を有する前群レンズ群（1、S、2）を構成し、所定の可変軸上距離 d_5 を隔ててこの前群レンズ群（1、S、2）の後方に配置され且つ負の屈折率を持つ第3レンズ3により後群レンズ群を構成した2群3枚構成の光学系配置を持つ2群ズーム光学系として構成されている。

【0042】この場合、図示例では、第1の基本構成例の場合とは逆に、第2レンズ2の軸上厚 d_4 が第1レンズ1の軸上厚 d_1 よりも大きく設定されることになる。そして、第2の基本構成例に係る2群ズーム光学系でも、第1の基本構成例の場合と同様に、図1に示す状態から、前群レンズ群（1、S、2）と後群レンズ群（3）との可変軸上距離 d_5 を狭めながら、前群レンズ群および後群レンズ群（1、S、2および3）を同時に物体側（後群レンズ群が像面Fから離れる方向）に移動させることにより、短焦点距離側から長焦点距離側への所期のズームミニングを行うことになる。

【0043】ところで、第2の基本構成例に係る2群ズーム光学系では、第1レンズ1および第3レンズ3を、いずれも屈折率が均一な媒質から成る均質媒質型レンズ

$\Delta \nu_{g-d} = \frac{n_{1,10} - n_{1,11}}{n_{1,10} - n_{1,11}}$

と定義したとき、前記第2レンズ2に關して
 $1.6 < \Delta \nu_{g-d} < 1.8 \quad \dots (4)$
の數式を満足するような屈折率分布型レンズとして構成されている。

【0047】このように、第2レンズ2にアキシャルタイプの屈折率分布型レンズを用いたのは、第1の基本構成例の場合と同様に、第2レンズ2の物体側面および像側面での屈折作用に加えて光軸方向に屈折率を變化させることから、球面収差・非点収差・歪曲収差・コマ収差・色収差に対する収差補正設計の自由度を、均質媒質型レンズを用いた場合よりも増すことが可能になるからである。

【0048】また、この第2レンズ2に（4）式の條件を付したものは、メニスカス形状の第2レンズ2の凹面側の分岐を凸面側よりも大きくすることで色収差を良好に補正するためであり、 $\Delta \nu_{g-d}$ の持つ意味は、屈折率分布の効果を増すために比較的に厚いレンズとなる第2レンズ2の光軸方向のどの部分で、主に色収差を補正するのがよいかを示すものである。

【0049】この場合、 $\Delta \nu_{g-d}$ が1.8よりも小さいときには、絞りSに近いレンズ系全系の中心部で補正することができ都合がよい。しかし、 $\Delta \nu_{g-d}$ が1.8よりも大きくなると、軸に対する対称性が崩れて、短焦点距離側の倍率色収差（ $g-d$ ）の補正が著しく困難になる。また、 $\Delta \nu_{g-d}$ が1.6より小さくなると、第1の基

＜具体的実施例3＞

$f = 4.0 \sim 6.0 \text{ mm} \quad F_{No.} = 6.2 \sim 9.3$

r_1	r_2	r_3	r_4	r_5	r_6
33.058	116.217	∞ (絞り)	-22.459	-24.279	-31.230
d_1	d_2	d_3	d_4	d_5	d_6
1.014	2.152	1.221	15.116	可変距離	1.000
n_1	n_1	n_2	n_3	n_4	n_5
1.80582	1.80582	1.80582	1.80582	1.80582	1.80582
$\Delta \nu_{g-d}$	$\Delta \nu_{g-d}$	$\Delta \nu_{g-d}$	$\Delta \nu_{g-d}$	$\Delta \nu_{g-d}$	$\Delta \nu_{g-d}$
1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08

f	$F_{No.}$	d_5
4.0	6.2	23.528
5.0	7.9	13.949
6.0	9.3	8.172

r_1	r_2	r_3	r_4	r_5	r_6
33.058	116.217	∞ (絞り)	-22.459	-24.279	-31.230
d_1	d_2	d_3	d_4	d_5	d_6
1.014	2.152	1.221	15.116	可変距離	1.000
n_1	n_1	n_2	n_3	n_4	n_5
1.80582	1.80582	1.80582	1.80582	1.80582	1.80582
$\Delta \nu_{g-d}$	$\Delta \nu_{g-d}$	$\Delta \nu_{g-d}$	$\Delta \nu_{g-d}$	$\Delta \nu_{g-d}$	$\Delta \nu_{g-d}$
1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08

【0054】

本構成例の場合と同様に、分散の勾配が大きくなって、既存の光学材料の物性値から必要な性能を有する光学材料を安価に入手することができないというコスト上の問題を生じる。

【0050】なお、後群レンズ群（第3レンズ3）における色収差の発生を極力抑えるようにし、（4）式との相乗効果により全系の色収差を良好に補正するため、第3レンズ3の光学材料の阿ッペ数 ν_3 に、前述した

$\nu_3 \geq 55 \quad \dots (3)$

なる条件を与えることが好ましいのは、第1の基本構成例のケースと同様である。

【0051】以下に、第2の基本構成例に係る具体的実施例3の各データを記載し、この具体的実施例3に關する球面収差・非点収差・コマ収差・歪曲収差、各焦点距離（Fナンバ）毎に、即ち、短焦点距離（ $f = 4.0 \text{ mm}$ 、 $F_{No.} 6.2$ ）、中間焦点距離（ $f = 50.7 \text{ mm}$ 、 $F_{No.} 7.9$ ）、長焦点距離（ $f = 60.2 \text{ mm}$ 、 $F_{No.} 9.3$ ）毎に図27～図38にそれぞれ掲げる。

【0052】また、第2の基本構成例に係る具体的実施例4の各データを以下に記載し、この具体的実施例4に關する球面収差・非点収差・歪曲収差・コマ収差、各焦点距離（Fナンバ）毎に、即ち、短焦点距離（ $f = 4.0 \text{ mm}$ 、 $F_{No.} 6.2$ ）、中間焦点距離（ $f = 50.5 \text{ mm}$ 、 $F_{No.} 7.8$ ）、長焦点距離（ $f = 60.0 \text{ mm}$ 、 $F_{No.} 9.3$ ）毎に図39～図50にそれぞれ掲げる。

【0053】

＜具体的実施例 4＞

$f = 4.0 \sim 6.0 \text{ mm}$, $F_{No.} = 8.2 \sim 9.3$

r_1	25.968	d_1	1.053	a_1	1.77388	ν_1	49.955
r_2	63.206	d_2	3.934				
r'	∞ (絞り)	d_3	1.178				
r_3	-28.468	d_4	14.691	a_2 (g)	$\Delta \nu \cdot g \cdot d$	1.73	
r_4	-25.251	d_5	可変距離				
r_5	-25.537	d_6	1.000	a_3	1.49700	ν_3	81.600
r_6	149.629						

f	4.0.0	50.5	60.0
$F_{No.}$	6.2	7.8	9.3
d_5	19.748	12.404	7.975

	N_0	N_1	N_2	N_3	N_4
$n_2(\lambda)$ [d線]	1.48506	-0.1635×10^{-3}	0.2855×10^{-2}	0.8620×10^{-4}	-0.6109×10^{-5}
$[g線]$	1.51397	-0.2114×10^{-3}	0.3911×10^{-2}	0.1176×10^{-3}	-0.7710×10^{-5}

第2の基本構成例の場合にも、各々の収差図に示すよう

【図1】本発明に係る2群ズーム光学系の第1の基本構成例における非点収差を示す収差図である。

【図2】本発明に係る2群ズーム光学系の第2の基本構成例における非点収差を示す収差図である。

【図3】第1の基本構成例に係る具体的実施例1の短焦点距離（焦点距離 $f = 40.0 \text{ mm}$, $F_{No.} 5.7$ ）における球面収差を示す収差図である。なお、図中における実線は球面収差を示す収差図である。また、図中における実線は球面収差を示す収差図を、破線は正負条件をそれぞれ示し、また、破線はd線に対する収差を、g線に対する収差をそれぞれ示す。以下の各図において同じ。

【図4】第1の基本構成例に係る具体的実施例1の短焦点距離における非点収差を示す収差図である。なお、図中における実線はサジタルを、破線はメリジオナルをそれぞれ示す。以下の各図において同じ。

【図5】第1の基本構成例に係る具体的実施例1の短焦点距離における歪曲収差を示す収差図である。

【図6】第1の基本構成例に係る具体的実施例1の短焦点距離におけるコマ収差を示す収差図である。

【図7】第1の基本構成例に係る具体的実施例1の中間焦点距離（焦点距離 $f = 50.3 \text{ mm}$, $F_{No.} 7.2$ ）における球面収差を示す収差図である。

【図8】第1の基本構成例に係る具体的実施例1の中間焦点距離における非点収差を示す収差図である。

【図9】第1の基本構成例に係る具体的実施例1の中間焦点距離における歪曲収差を示す収差図である。

【図10】第1の基本構成例に係る具体的実施例1の中間焦点距離におけるコマ収差を示す収差図である。

【図11】第1の基本構成例に係る具体的実施例1の長焦点距離（ $F_{No.} 8.6$ ）における球面収差を示す収差図である。

【0056】

【発明の効果】以上述べたように、本発明に係る2群ズーム光学系では、光学系の先端に配置された前群レンズ群を構成する角の屈折率を持つ第1レンズまたは正の屈折率を持つ第2レンズのいずれかに、光軸方向に屈折率が変化するアキシャルタイプの屈折率分布型レンズを用い、且つ、残り2枚のレンズに屈折率が一様な材質から成る均質媒質型レンズを用いることにより、2群3枚の構成にも拘らず、従来の2群3枚の構成の2群ズームレンズに比べて、球面収差・非点収差・歪曲収差・コマ収差・色収差等がいずれも良好に補正され、しかも、コンバート化されたズーム比1.5（焦点距離 $= 4.0 \text{ mm} \sim 6.0 \text{ mm}$ ）、 $F_{No.}$ が約6～9クラスの2群ズーム光学系を実現することができる。

【0057】なお、本発明の2群ズーム光学系の後群レンズ群を構成する第3レンズのアベ数 ν_3 を、(3)式のように設定した場合には、いずれの基本構成例の場合にも、色収差の発生をより小さく抑えることができる。

【図12】第1の基本構成例に係る具体的実施例1の長焦点距離における非点収差を示す収差図である。

【図13】第1の基本構成例に係る具体的実施例1の長焦点距離における歪曲収差を示す収差図である。

【図14】第1の基本構成例に係る具体的実施例1の長焦点距離におけるコマ収差を示す収差図である。

【図15】第1の基本構成例に係る具体的実施例2の短焦点距離（ $f = 40.0 \text{ mm}$, $F_{No.} 5.7$ ）における球面収差を示す収差図である。

【図16】第1の基本構成例に係る具体的実施例2の短焦点距離における非点収差を示す収差図である。

【図17】第1の基本構成例に係る具体的実施例2の短焦点距離における歪曲収差を示す収差図である。

【図18】第1の基本構成例に係る具体的実施例2の短焦点距離におけるコマ収差を示す収差図である。

【図19】第1の基本構成例に係る具体的実施例2の中間焦点距離（ $f = 50.2 \text{ mm}$, $F_{No.} 7.2$ ）における球面収差を示す収差図である。

【図20】第1の基本構成例に係る具体的実施例2の中間焦点距離における非点収差を示す収差図である。

【図21】第1の基本構成例に係る具体的実施例2の中間焦点距離における歪曲収差を示す収差図である。

【図22】第1の基本構成例に係る具体的実施例2の中間焦点距離におけるコマ収差を示す収差図である。

【図23】第1の基本構成例に係る具体的実施例2の長焦点距離（ $f = 60.1 \text{ mm}$, $F_{No.} 8.6$ ）における球面収差を示す収差図である。

【図24】第1の基本構成例に係る具体的実施例2の長焦点距離における非点収差を示す収差図である。

【図25】第1の基本構成例に係る具体的実施例2の長焦点距離における歪曲収差を示す収差図である。

【図26】第1の基本構成例に係る具体的実施例2の長焦点距離におけるコマ収差を示す収差図である。

【図27】第2の基本構成例に係る具体的実施例3の短焦点距離（ $f = 40.2 \text{ mm}$, $F_{No.} 6.2$ ）における球面収差を示す収差図である。

【図28】第2の基本構成例に係る具体的実施例3の短焦点距離における非点収差を示す収差図である。

【図29】第2の基本構成例に係る具体的実施例3の短焦点距離における歪曲収差を示す収差図である。

【図30】第2の基本構成例に係る具体的実施例3の短焦点距離におけるコマ収差を示す収差図である。

【図31】第2の基本構成例に係る具体的実施例3の中間焦点距離（ $f = 50.7 \text{ mm}$, $F_{No.} 7.9$ ）における球面収差を示す収差図である。

【図32】第2の基本構成例に係る具体的実施例3の中間焦点距離における非点収差を示す収差図である。

【図33】第2の基本構成例に係る具体的実施例3の中間焦点距離における歪曲収差を示す収差図である。

【図34】第2の基本構成例に係る具体的実施例3の中間焦点距離におけるコマ収差を示す収差図である。

【図35】第2の基本構成例に係る具体的実施例3の長焦点距離（ $f = 60.2 \text{ mm}$, $F_{No.} 9.3$ ）における球面収差を示す収差図である。

【図36】第2の基本構成例に係る具体的実施例3の長焦点距離における非点収差を示す収差図である。

【図37】第2の基本構成例に係る具体的実施例3の長焦点距離における歪曲収差を示す収差図である。

【図38】第2の基本構成例に係る具体的実施例3の長焦点距離におけるコマ収差を示す収差図である。

【図39】第2の基本構成例に係る具体的実施例4の短焦点距離（ $f = 40.0 \text{ mm}$, $F_{No.} 6.2$ ）における球面収差を示す収差図である。

【図40】第2の基本構成例に係る具体的実施例4の短焦点距離における非点収差を示す収差図である。

【図41】第2の基本構成例に係る具体的実施例4の短焦点距離における歪曲収差を示す収差図である。

【図42】第2の基本構成例に係る具体的実施例4の短焦点距離におけるコマ収差を示す収差図である。

【図43】第2の基本構成例に係る具体的実施例4の中間焦点距離（ $f = 50.5 \text{ mm}$, $F_{No.} 7.8$ ）における球面収差を示す収差図である。

【図44】第2の基本構成例に係る具体的実施例4の中間焦点距離における非点収差を示す収差図である。

【図45】第2の基本構成例に係る具体的実施例4の中間焦点距離における歪曲収差を示す収差図である。

【図46】第2の基本構成例に係る具体的実施例4の中間焦点距離におけるコマ収差を示す収差図である。

【図47】第2の基本構成例に係る具体的実施例4の長焦点距離（ $f = 60.0 \text{ mm}$, $F_{No.} 9.3$ ）における球面収差を示す収差図である。

【図48】第2の基本構成例に係る具体的実施例4の長焦点距離における非点収差を示す収差図である。

【図49】第2の基本構成例に係る具体的実施例4の長焦点距離における歪曲収差を示す収差図である。

【図50】第2の基本構成例に係る具体的実施例4の長焦点距離におけるコマ収差を示す収差図である。

【図51】従来の2群3枚構成の2群ズーム光学系の構成を示す光学系配置図である。

【符号の説明】

○ 光軸

1 第1レンズ

S 絞り

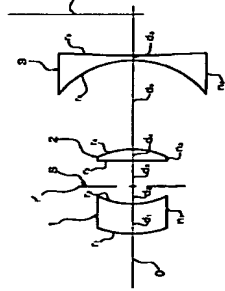
2 第2レンズ

(1, S, 2) 前群レンズ群

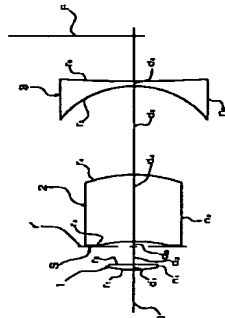
3 第3レンズ (後群レンズ群)

F 像面

【図1】



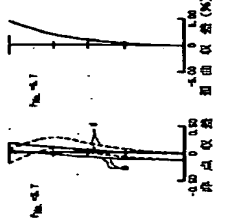
【図2】



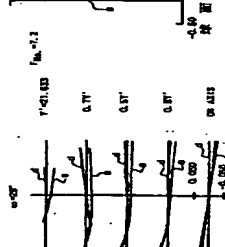
【図3】



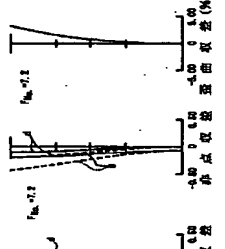
【図4】



【図5】



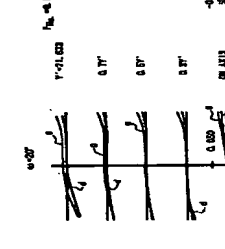
【図6】



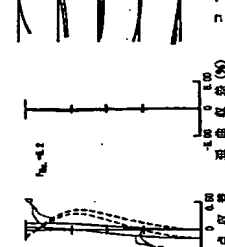
【図7】



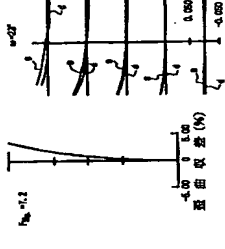
【図8】



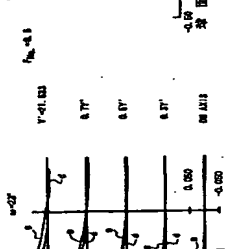
【図9】



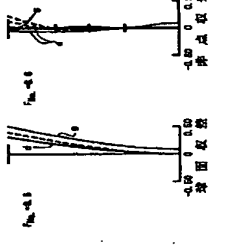
【図21】



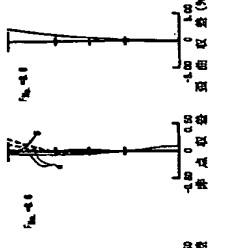
【図22】



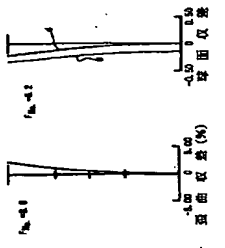
【図23】



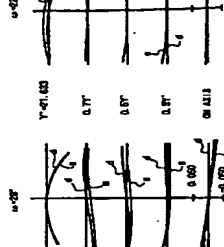
【図24】



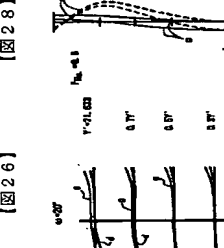
【図25】



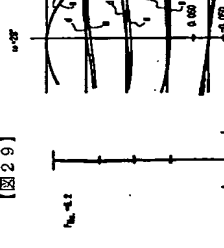
【図30】



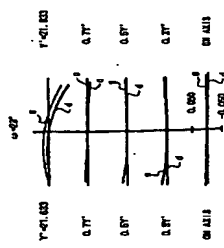
【図26】



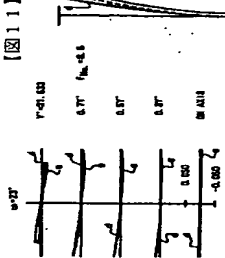
【図28】



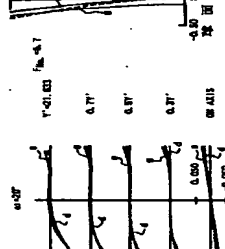
【図34】



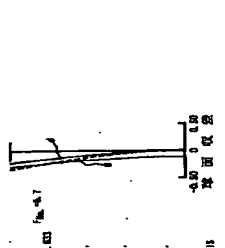
【図10】



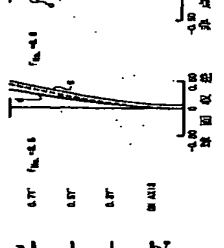
【図14】



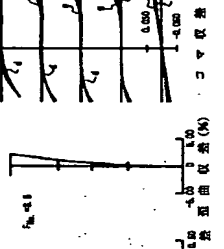
【図15】



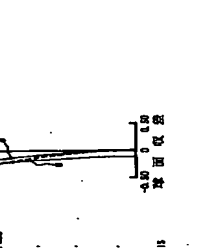
【図11】



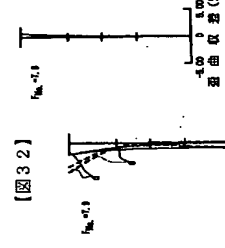
【図12】



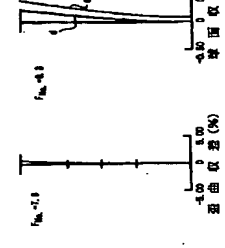
【図13】



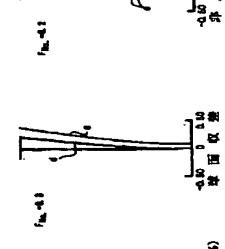
【図31】



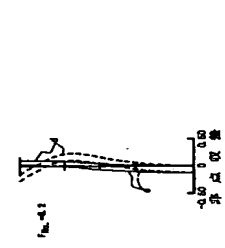
【図32】



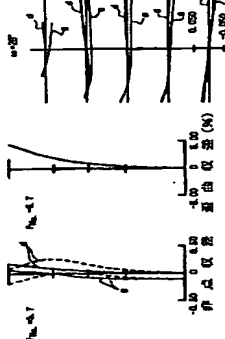
【図33】



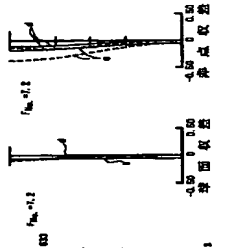
【図40】



【図16】



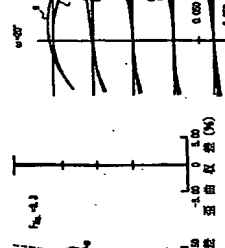
【図17】



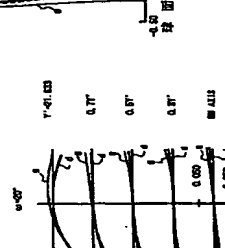
【図18】



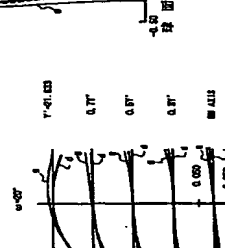
【図36】



【図37】



【図38】



【図39】

